

① BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 26 542 A 1**

⑤ Int. Cl.⁶:
G 08 G 9/00
G 06 F 19/00
B 61 L 27/00
// G06F 163:00

⑦ Aktenzeichen: 197 26 542.1
② Anmeldetag: 23. 6. 97
④ Offenlegungstag: 19. 11. 98

DE 197 26 542 A 1

⑥ Innere Priorität:
197 19 286. 6 07. 05. 97

⑦ Anmelder:
Schwanhäuser, Wulf, Prof. Dr.-Ing., 52072 Aachen,
DE

⑦ Erfinder:
gleich Anmelder

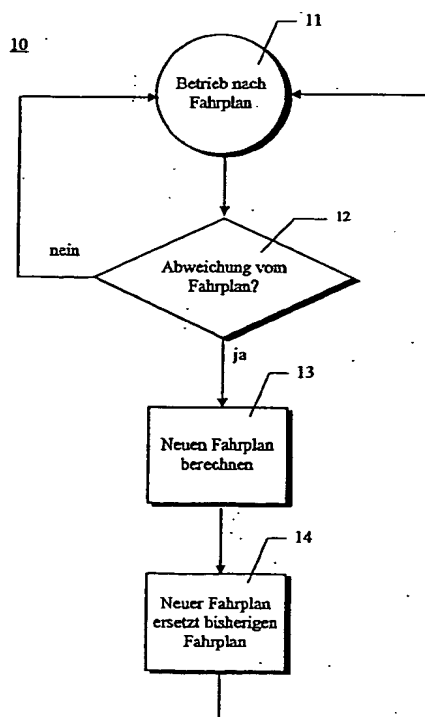
⑤ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
zu ziehende Druckschriften:
PFERDMENGES, Sieglinde, SCHAEFER, Harald:
Automatische Konflikterkennung und
wissensbasierte
Konfliktlösung in der Streckendisposition. In:
Signal + Draht, 87, 1995, H. 5, S.174-177;
GRABS, Ulrike: Konflikterkennung und -lösung für
dispositive Aufgaben in Betriebszentralen. In:
Signal + Draht, 87, 1995, H. 7-8, S.254-259;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤ Verfahren zur Steuerung und Sicherung eines fahrplangebundenen Verkehrssystems

⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und Sicherung eines Verkehrssystems, bei dem Fahrzeuge in einem Netz von Fahrwegen nach einem Fahrplan verkehren. Bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens sollen sich Betriebsstörungen möglichst wenig auf die Qualität des Verkehrs auswirken. Die Erfindung sieht vor, daß eine Datenverarbeitungsanlage während des laufenden Betriebes des Verkehrssystems einen neuen konfliktfreien Fahrplan berechnet (13), und zwar vorzugsweise immer dann, sobald der Lauf der Fahrzeuge über ein vorgebbares Maß vom Fahrplan abweicht (12). Die Steuerung und Sicherung des Verkehrssystems erfolgt dann nach diesem neuen konfliktfreien Fahrplan (14). Vorzugsweise erfolgt die Berechnung des neuen konfliktfreien Fahrplans mit Hilfe von Sperrzeitentritten (SZT1, SZT2) oder -bändern (SZB1, SZB2). Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar bei Verkehrssystemen, die eine komplexe Netzstruktur haben und bei denen vorgesehen ist, daß bestimmte Fahrten Vorrang vor anderen Fahrten haben (z. B. Eisenbahnen).



DE 197 26 542 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung und Sicherung eines Verkehrssystems, bei dem Fahrzeuge in einem Netz von Fahrwegen nach einem Fahrplan verkehren. Besonders vorteilhaft ist das erfindungsgemäße Verfahren anwendbar bei Verkehrssystemen, die eine komplexe Netzstruktur haben und bei denen vorgesehen ist, daß bestimmte Fahrten Vorrang vor anderen Fahrten haben. Ein Beispiel für ein derartiges Verkehrssystem sind Eisenbahnen. Das erfindungsgemäße Verfahren kann jedoch ebenso im Schiffs- oder Flugverkehr eingesetzt werden.

Bei der Erstellung von Fahrplänen werden für die im Netz verkehrenden Fahrzeuge Soll-Trassen festgelegt. Eine Trasse ist ein Weg-Zeit-Diagramm, welches man aus der Auftragung des Fahrzeugortes über der Zeitachse erhält. Eine Trasse ordnet einem Fahrzeug somit nicht nur einen Laufweg, sondern auch Geschwindigkeiten und Beschleunigungen zu. Ein Fahrplan eines Fahrzeugs besteht folglich aus seiner Trasse und einigen für das Fahrzeug charakteristische Angaben, z. B. der Fahrzeuglänge oder einer nach betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten dem Fahrzeug zugewiesenen Wertigkeit. Der Fahrplan eines Teilnetzes ist ein räumlicher Ausschnitt der Fahrpläne aller Fahrzeuge, die in diesem Teilnetz verkehren. Im folgenden wird unter einem Fahrplan der Fahrplan des gesamten Netzes oder von Teilnetzen verstanden.

Aus einer Veröffentlichung von O. Brünner mit dem Titel "Konzeption einer Rechnerunterstützung für die Feinkonstruktion von Eisenbahnfahrplänen", Veröffentlichungen des Verkehrswissenschaftlichen Instituts der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen, Heft 51, 1995, ist ein Verfahren zur rechnergestützten Erstellung von Eisenbahnfahrplänen bekannt. Bei diesem bekannten Verfahren wird die Infrastruktur des Eisenbahnnetzes (u. a. Gleise, Weichen, Neigungen, zulässige Geschwindigkeiten, Signale, Tunnels) als ein knotenbewerteter gerichteter Graph abgebildet. Die Infrastruktur umfaßt auch die Lage und Länge der Belegungselemente. Dies sind Gleisabschnitte einer bestimmten Länge, deren Belegung signaltechnisch kontrolliert wird. Auf der Grundlage dieses Graphen lassen sich durch Berechnung der Fahrzeiten die Belegungszeiten der einzelnen Belegungselemente berechnen und Konflikte vorgesehener Trassen unter Berücksichtigung signaltechnischer Abhängigkeiten räumlich sowie zeitlich identifizieren. Treten Konflikte auf, so werde die ursprünglich vorgegebenen Wunsch-Trassen so geändert, bis ein konfliktfreier Fahrplan entsteht. Bei dieser Änderung der Trassen können Züge hoher Priorität bevorzugt behandelt werden. Sie erhalten dann Trassen, deren Fahrzeit nahe an der für den gegebenen Laufweg gültigen Mindestbeförderungszeit liegt.

Die bislang übliche manuelle Eintragung von Fahrplantassen in Weg-Zeit-Diagramme, bei der man das Entstehen von Konflikten nur ungenau abschätzen konnte, entfällt bei Anwendung dieses bekannten Verfahrens. Auch andere Verkehrsnetze, etwa in der Schifffahrt oder im Luftverkehr, lassen sich in ähnlicher Weise abbilden, so daß die Anwendung dieses Verfahren nicht auf die Erstellung von Eisenbahnfahrplänen beschränkt ist.

Treten während des Betriebs des Verkehrssystems Störungen auf, so entstehen Verspätungen und somit Abweichungen vom Fahrplan. In diesem Fall ist nicht mehr gewährleistet, daß der weitere Verlauf des Betriebes konfliktfrei verläuft. Es kommt dann zwar im Regelfall nicht zu Kollisionen zwischen Fahrzeugen – dies verhindern vorhandene Sicherheitssysteme –, aber es können Störungen im Betriebsfluß auftreten, die die Qualität der angebotenen Ver-

kehrleistungen beeinträchtigen. Insbesondere bei Eisenbahnnetzen mit ihren eingeschränkten Überholmöglichkeiten übertragen sich Verspätungen sehr rasch auf andere Züge. Bei Störungen im Betriebsablauf versucht daher ein Disponent, unter Berücksichtigung der Zuggattungen ad hoc für den betroffenen Netzabschnitt einen veränderten Fahrplan zu erstellen. Dieser veränderte Fahrplan soll vor allem für hochrangige Züge Abweichungen vom Sollfahrplan möglichst gering halten. Der Disponent ist bei dieser Abänderung des Fahrplans vor allem auf seine Erfahrung und das oben angesprochene manuelle Fahrplanerstellen angewiesen. Konflikte können so jedoch nur lokal und zeitlich begrenzt vermieden werden. Aufgrund der Komplexität des Betriebs kann der Disponent nur grob abschätzen, welche Auswirkungen die von ihm vorgenommenen Änderungen auf den weiteren Betrieb vor allem an entfernteren Orten haben wird.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung ein Verfahren zur Steuerung und Sicherung eines Verkehrssystems, insbesondere von Eisenbahnen, anzugeben, bei dem die Auswirkungen von Betriebsstörungen sich möglichst wenig auf die Qualität des Verkehrs auswirken.

Gemäß der Erfindung sind zur Lösung dieser Aufgabe die in Anspruch 1 aufgeführten Schritte vorgesehen. Eine Datenverarbeitungsanlage berechnet während des laufenden Betriebes einen neuen Fahrplan. Eine solche Berechnung kann laufend oder in kurzen, regelmäßigen Zeitabständen durchgeführt werden. Vorzugsweise jedoch wird die Berechnung des neuen Fahrplans nur dann vorgenommen, sobald der Lauf der Fahrzeuge über ein vorgebbares Maß vom Fahrplan abweicht. Wesentlich für die Erfindung ist, daß dieser neue Fahrplan keine Konflikte enthält, Fahrzeuge also zu keinem Zeitpunkt des Betriebs ein und dasselbe Belegungselement belegen. Nach Erstellung des neuen Fahrplans erfolgt die Steuerung und Sicherung des Verkehrssystems umgehend nach diesem neuen konfliktfreien Fahrplan. Gegenüber dem bislang von einem Disponenten durchgeführten ad hoc-Verfahren ergeben sich bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens vor allem folgende Vorteile:

- Der neue Fahrplan kann mit Hilfe eines Personalcomputers in sehr kurzer Zeit erstellt werden. Es entstehen damit praktisch keine Verzögerungen des Verkehrsbetriebs aufgrund der Umdisposition von Trassen. Großrechenanlagen sind nicht erforderlich.

- Der neue Fahrplan ist garantiert konfliktfrei. Der Verkehr im Netz kann nach diesem neuen Fahrplan abgewerkt werden, ohne daß Konflikte auftreten, die ein erneutes Umdisponieren von Trassen erforderlich machen. Da Konflikte von vornherein ausgeschlossen sind, ist es bei Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens sogar möglich, auf die bisher vorhandenen Sicherheitssysteme weitgehend zu verzichten. Sofern die den Fahrplan erstellende Datenverarbeitungsanlage die Orte und Geschwindigkeiten der Fahrzeuge mitgeteilt bekommt, steuert sie die Fahrzeuge direkt. Bei Eisenbahnen etwa bildet die Datenverarbeitungsanlage die Fahrstraßen nun unmittelbar, d. h. ohne Mitwirkung von Stellwerken. Die Triebfahrzeuge erhalten über Funk von der Datenverarbeitungsanlage Informationen zu der für sie vorgesehenen Trasse und können so ihre Geschwindigkeit entsprechend regeln. Vom neuen Fahrplan braucht erst dann abgewichen zu werden, wenn es erneut zu unerwarteten Betriebsstörungen kommt, die eine weitere Überarbeitung des Fahrplans erforderlich machen. Dieser überarbeitete Fahrplan ersetzt dann den bis dahin gültigen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen eingehend erläutert. Die beschriebenen Ausführungsbeispiele beziehen sich in erster Linie auf Eisenbahnen. Wie oben erwähnt, ist das erfindungsgemäße Verfahren jedoch nicht auf Eisenbahnen beschränkt. Es zeigen:

Fig. 1 Eine schematische Darstellung eines Teilnetzes von Schienenfahrwegen,

Fig. 2 Ein Flußdiagramm für das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 2,

Fig. 3 Einen Ausschnitt aus einem Flußdiagramm für das erfindungsgemäße Verfahren nach Anspruch 3,

Fig. 4 Eine Darstellung eines Fahrplans für einen Eisenbahnstreckenabschnitt mit festen Belegungselementen, bei der die Zugtrasse und die dazugehörige Sperrzeitentreppe in einem Weg-Zeit-Diagramm aufgetragen sind,

Fig. 5 Eine **Fig. 4** entsprechende Darstellung eines Fahrplans für einen Eisenbahnstreckenabschnitt, der im "moving block"-Verfahren befahren wird.

Das in **Fig. 1** gezeigte Teilnetz NETZ besteht aus den Bahnhöfen BF1, . . . , BF6, dem Knotenbahnhof BFK sowie Schienenfahrwegen, die diese Bahnhöfe miteinander verbinden. Die Verbindungen sind in diesem Beispiel als ein-, zwei-, drei- und viergleisige Strecken ausgeführt. Im Bereich der eingleisigen zwischen den Bahnhöfen BF1 und BFK befindet sich ein Überholbahnhof ÜBF. Der Knotenbahnhof BFK enthält Fahrstraßenknoten FSK1 und FSK2, an denen von mehreren Bahnhöfen kommende Strecken zusammenlaufen. Fahrstraßenknoten sind in der Regel konfliktträchtige Punkte im Streckennetz, da dort die Zugdichte besonders hoch ist.

Auf dem Teilnetz NETZ verkehren Züge – in **Fig. 1** nicht dargestellt – nach einem Fahrplan. Dieser Fahrplan ist vorzugsweise mit Hilfe des in der eingangs zitierten Veröffentlichung bekannten Verfahrens erstellt und somit konfliktfrei. Konfliktfrei wird ein Fahrplan in diesem Zusammenhang genannt, wenn ausgeschlossen ist, daß zwei Züge sich so nahe kommen, daß bei den gegebenen Umständen (Bremswege etc.) eine Kollision der beiden Züge möglich ist. In modernen Streckennetzen sind die Strecken in feste, signaltechnisch gesicherte Belegungselemente unterteilt.

Konfliktfrei bedeutet dann, daß zu keinem Zeitpunkt zwei Züge ein und dasselbe Belegungselement belegen.

Bei der Erstellung des Fahrplans sind die Abstände der Züge voneinander so festgelegt, daß bei geringen Abweichungen eines Zuges vom Fahrplan der Verkehr der anderen Züge nicht beeinträchtigt wird. Wenn jedoch die Abweichung vom Fahrplan ein bestimmtes Maß überschreitet, so können andere Züge von dieser Abweichung betroffen sein und Konflikte entstehen. Dies sei nachfolgend an einem einfachen Beispiel erläutert. Zwischen den Bahnhöfen BF2 und BFK soll nach Fahrplan ein langsamer Zug einen schnelleren, in gleicher Richtung fahrenden Zug im Überholbahnhof ÜBF vorbeilassen. Wenn wegen einer Betriebsstörung, etwa aufgrund eines Defekts am Triebfahrzeug des langsamen Zuges, der langsame Zug nicht rechtzeitig den Überholbahnhof ÜBF erreicht, so muß der nachfolgende schnellere Zug seine Geschwindigkeit reduzieren, um nicht auf den langsamen Zug aufzufahren. Der schnellere Zug erreicht nun später als vorgesehen den Knotenbahnhof BFK. Er hat dann aber möglicherweise das Zeitfenster verpaßt, welches ihm gemäß Fahrplan zur Durchfahrt des Fahrstraßenknotens FSK1 zugewiesen war. Wenn der Fahrstraßenknoten FSK1 stark belastet ist, so muß damit gerechnet werden, daß zeitgleich mit dem verspäteten Eintreffen des schnelleren Zuges ein weiterer Zug, etwa vom Bahnhof BF4 kommend, in den Fahrstraßenknoten FSK1 einfahren möchte. Es kommt also zu einem Konflikt.

In **Fig. 2** sind in Form eines Flußdiagramms die Schritte dargestellt, wie nach dem erfindungsgemäßen Verfahren 10 ein derartiges Problem behandelt wird. Während des laufenden Betriebes 11 wird laufend oder in kurzen Zeitabständen überwacht, ob der Lauf der Züge über ein vorgegebenes Maß vom Fahrplan abweicht (Schritt 12). Die Höhe dieses Maßes hängt u. a. ab von den bei den Sperrzeiten vorgesehenen Toleranzen (mehr dazu siehe unten). Die Feststellung von Fahrplan-Abweichungen kann auf unterschiedliche 15 Weise erfolgen. So können die Triebfahrzeuge selbst ihren tatsächlichen Lauf mit dem Soll-Lauf nach Fahrplan vergleichen und im Falle einer Abweichung dies einer zentralen Datenverarbeitungsanlage, z. B. über Funk, mitteilen. Ebenso ist es möglich, daß die Triebfahrzeuge ihren Ort und ihre Geschwindigkeit über Funk der zentralen Datenverarbeitungsanlage mitteilen und diese den Vergleich mit den Fahrplan-Soll-Werten durchführt.

Übersteigt eine festgestellte Abweichung vom Fahrplan ein vorgebbares Maß, so wird erfindungsgemäß in einem Schritt 13 ein neuer konfliktfreier Fahrplan auf der Grundlage der momentanen Betriebssituation berechnet. Die Berechnung wird grundsätzlich in der gleichen Weise durchgeführt wie bei der Erstellung des ursprünglichen konfliktfreien Fahrplans. Im Gegensatz zum ursprünglichen Fahrplan wird jedoch der neue Fahrplan automatisch, d. h. ohne Mitwirkung eines Disponenten, erstellt. Dadurch können die erforderlichen kurzen Reaktionszeiten eingehalten werden. Es kann u. U. sinnvoll sein, nur einen Teilfahrplan für ein Teilnetz und für einen bestimmten Dispositionszeitraum zu berechnen.

Nach Abschluß der Berechnungen wird in einem Schritt 14 der bisherige Fahrplan durch den neuen Fahrplan ersetzt. Falls der neue Fahrplan nur für ein Teilnetz oder einen bestimmten Dispositionszeitraum gültig ist, werden nur die betreffenden Teile des bisherigen Fahrplans ersetzt. Der weitere Betrieb des Verkehrssystems wird von diesem Zeitpunkt an nach diesem neuen Fahrplan durchgeführt.

Alternativ ist es möglich, laufend oder in kurzen regelmäßigen Zeitabständen die Berechnung 13 eines neuen Fahrplans durchzuführen. Die Berechnung wird dann nicht mehr durch das Ergebnis der Überprüfung angestoßen, ob der Lauf der Züge über ein vorgegebenes Maß vom Fahrplan abweicht. Auf den Schritt 12 kann also in diesem Fall verzichtet werden. – Falls keine Betriebsstörungen seit der letzten Fahrplanberechnung aufgetreten sind, so wird sich der neu berechnete mit dem alten Fahrplan decken. Zur Vermeidung eines unnötig großen Informationsflusses zwischen der Datenverarbeitungsanlage und den Zügen wird es aber zweckmäßig sein, bereits in der Datenverarbeitungsanlage einen Vergleich der Fahrpläne durchzuführen. Nur im Falle von Abweichungen zwischen dem neuen und dem alten Fahrplan müssen dann den Zügen Informationen zu ihren Trassen nach dem neuen Fahrplan übermittelt werden. Da bei diesem alternativen Ausführungsbeispiel der Vergleich von Soll- und Istlaufweg der Züge letztlich nur ersetzt wird durch einen Vergleich des alten mit dem neuen Fahrplan, ergeben sich keine tatsächlichen Vorteile gegenüber dem oben geschilderten Verfahren.

Anhand der **Fig. 3** und **4** werden nachfolgend die Prinzipien erläutert, nach denen ein neuer konfliktfreier Fahrplan berechnet werden kann. Einzelheiten hierzu sind der eingangs zitierten Veröffentlichung zu entnehmen. **Fig. 4** zeigt eine Fahrtrichtung einer zweigleisigen Eisenbahnstrecke EST, die durch Signale S1 . . . S7 in mehrere Belegungselemente unterteilt ist. Die Belegungselemente sind bei dem in **Fig. 4** dargestellten konventionellen Signalsystem mit den Blockstrecken identisch und haben daher eine feste Länge und Lage. Durch zwei Weichen W1 und W2 wird eine Über-

holmöglichkeit ÜG geschaffen. Senkrecht zur Eisenbahnstrecke EST ist eine Zeitachse eingezeichnet, so daß ein Weg-Zeit-Diagramm entsteht. Die Fahrt eines Zuges ist in diesem Diagramm als durchgezogene Linie ("Trasse") dargestellt. Im dargestellten Beispiel befährt ein langsamerer Zug Z1 die Strecke EST und wird durch die Weiche W1 auf das Überholgleis ÜG geleitet. Er bleibt dort stehen, um einen zweiten, schnelleren Zug Z2 vorbeizulassen. Die Fahrt des langsameren Zuges Z1 ist durch die Trasse TR1, die des schnelleren Zuges Z2 durch die Trasse TR2 dargestellt. Die schraffierten Bereiche geben an, wie lange die Belegungselemente durch die beiden Züge Z1 und Z2 belegt werden. Diese Belegungszeiten werden als Sperrzeiten bezeichnet. Die Länge der Sperrzeiten hängt u. a. von Merkmalen der Züge (Geschwindigkeit, Länge, Bremsvermögen etc.) sowie von der Art des Belegungselementes (Weiche, freie Strecke) ab. Die Abfolge der Sperrzeiten ergibt eine Sperrzeiten-treppe. Dem langsameren Zug Z1 ist die Sperrzeiten-treppe SZT1, dem schnelleren Zug Z2 die Sperrzeiten-treppe SZT2 zugeordnet. Mit BÜ ist die Belegung des Überholgleises ÜG durch den langsameren Zug Z1 gekennzeichnet. Diese Belegung BÜ schränkt die Fahrt des schnelleren Zuges Z2 auf der durchgehenden Strecke EST nicht ein.

Wie in Fig. 3 gezeigt, wird erfindungsgemäß in einem Schritt 131 zur Berechnung eines neuen Fahrplans das Netz in geeignete Belegungselemente unterteilt. Die Belegungselemente können durch vorhandene signaltechnisch gesicherte Blöcke bereits vorgegeben sein. Ebenso ist es möglich, eine virtuelle Unterteilung vorzunehmen, die sich nicht mit einer eventuell vorhandenen Blockstruktur deckt. Diese Unterteilung kann im Prinzip beliebig fein sein und im Grenzfall gegen Null gehen, was dem Fahren nach dem Prinzip des beweglichen Blocks entspricht. Anschließend werden in einem weiteren Schritt 132 für die vorgesehenen Trassen die Sperrzeiten-treppen für die Belegungselemente bestimmt. Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird den Sperrzeiten eine Toleranz zur Abdeckung des zulässigen Maßes der Fahrplanabweichung zugeschlagen. Je feiner die Unterteilung des Netzes in Belegungsabschnitte ist, desto mehr nähern sich die Sperrzeiten-treppen Sperrzeitenbändern an. Anders als in Fig. 4, sind bei dem in Fig. 5 gezeigten Streckenabschnitt die Belegungselemente infinitesimal klein, so daß die Belegungszeiten hier durch Sperrzeitenbänder SZB1 und SZB2 repräsentiert werden. Kanten in den Sperrzeitenbändern gehen darauf zurück, daß der Fahrweg an einzelnen Stellen – wie hier im Bereich der Weichen W1 und W2 – nicht kontinuierlich, sondern nur abschnittsweise belegt oder freigegeben werden kann.

Nach der Berechnung der Sperrzeiten-treppen bzw. -bänder wird in einem Schritt 133 ermittelt, ob und gegebenenfalls wo und zu welcher Zeit Konflikte auftreten. Ein Konflikt wird in der Darstellung der Sperrzeiten-treppen auf einfache Weise an der Überlappung zweier Sperrzeiten-treppen im Bereich des selben Belegungselements erkannt. In einem Schritt 134 werden schließlich, sofern Konflikte erkannt worden sind, die Zugtrassen und damit die Sperrzeiten-treppen so geändert, verschoben oder umgeordnet, daß an keiner Stelle im Weg-Zeit-Diagramm eine Überlappung der Sperrzeiten-treppen auftritt. Der Fahrplan ist dann konfliktfrei. Bei der Änderung der bis dahin angenommenen Trassen können u. a. die Hierarchie von Zügen, eventuelle bis zum Erstellungszeitpunkt entstandene Verspätungen und Vorgaben von einem Disponenten oder Dispositionsalgorithmus berücksichtigt werden. Hochrangige Züge und solche mit großer Verspätung werden im Regelfall Trassen zugeordnet bekommen, die eine möglichst kurze Fahrzeit ermöglichen. Es können auch weitere Einflußgrößen in die Fahrplanberechnung eingehen, so z. B. Haftreibungsbeiwerte, die aufgrund

von Umwelteinflüssen (Regen, Laub) während des Betriebs schwanken können. Die endgültige Lage der Trassen definiert einen neuen Fahrplan, der dem weiteren Betrieb zugrundegelegt wird.

Da nicht nur der ursprüngliche, sondern auch der oder die danach im Verlauf des Betriebes erstellen Fahrpläne konfliktfrei sind, besteht a priori ein Schutz von Fahrwegen gegen feindliche Fahrten. Somit kann, wie oben bereits erwähnt, auf die bisherige Sicherheitstechnik weitgehend verzichtet werden. Eine den neuen Fahrplan berechnende Datenverarbeitungsanlage kann dann selbst, also ohne Mitwirkung von Stellwerken, die Bildung der Fahrstraßen vornehmen. Die Datenverarbeitungsanlage übermittelt hierzu den Weichen, z. B. über Funk, direkt die Stellbefehle und empfängt die von den Weichen gesendeten Quittierungstelegramme. Die Datenverarbeitungsanlage erteilt den Stellbefehl mit dem Beginn der Sperrzeit für das betreffende Belegungselement. Die Triebfahrzeuge erhalten von der Datenverarbeitungsanlage Informationen zu der für sie vorgesehenen – gegebenenfalls neuen – Trasse und regeln ihre Geschwindigkeit entsprechend selbst.

Für eine sichere Abwicklung des Verkehrs muß dann lediglich gewährleistet werden, daß die Datenverarbeitungsanlage über den Ort und die Geschwindigkeit der Züge jederzeit zuverlässig informiert ist. Eine Vorrichtung zur genauen Ort- und Geschwindigkeitsermittlung von Zügen ist beispielsweise aus der DE-A1-195 13 244 bekannt und wird hier deswegen nicht näher erläutert. Ebenfalls bekannt sind Verfahren zur sicheren Funkübertragung von Daten zwischen Zügen und Betriebsstellen, ohne daß es hierfür eines besonderen Nachweises bedarf. Für die Sicherheit des Betriebes ist es außerdem erforderlich, die Zugintegrität zuverlässig überprüfen zu können. Auch hierzu sind verschiedene Vorrichtungen bekannt, die hier nicht im Einzelnen erläutert zu werden brauchen.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann jedoch auch in bestehende Sicherheitskonzepte eingebunden werden. Die Unterteilung des Netzes in signaltechnisch gesicherte Blöcke und die Fahrwegbildung durch Stellwerke läßt sich mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kombinieren, indem der jeweils neu von der Datenverarbeitungsanlage berechnete Fahrplan den Stellwerken übermittelt wird. Die Stellwerke leiten dann die Züge in der bisher bekannten Weise durch das Netz. Durch die Bereitstellung aktualisierter konfliktfreier Fahrpläne kann der Betriebsablauf wesentlich reibungsloser gestaltet werden. Da bei der Fahrplanerstellung im Prinzip der Betrieb (beliebig) weit in die Zukunft hinein simuliert wird, können auch zeitlich und räumlich weit vorausliegende Konflikte frühzeitig erkannt und vermieden werden. Bei dem oben anhand der Fig. 1 geschilderten Beispiel läßt sich mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens beispielsweise erreichen, daß der prioritäts höhere schnellere Zug eine optimale Trasse erhält. In diesem Fall sähe diese optimale Trasse so aus, daß der schnellere Zug mit möglichst hoher Geschwindigkeit am Überholbahnhof ÜBF vorbeifährt, sobald der langsamere Zug im Überholgleis zum Stehen gekommen und die Weiche umgestellt worden ist. Eine derartig optimierte Zugdisposition ist mit herkömmlichen Verfahren nicht oder nicht zuverlässig erzielbar.

Je nach Ausführung der Erfindung kann die den neuen Fahrplan berechnende Datenverarbeitungsanlage ein für das gesamte Netz zentraler Rechner sein, der auch die Überprüfung vornimmt, ob der Lauf der Züge über das vorgegebene Maß hinausgeht. Gegebenenfalls kann es günstiger sein, die Datenverarbeitungsanlage räumlich und funktionell in mehrere miteinander kommunizierende Teilrechner aufzuteilen. Ein Beispiel hierfür wären Verkehrsnetze, die sich – wie etwa im Luftverkehr – über sehr große Gebiete erstrecken.

Es sei aber ausdrücklich darauf hingewiesen, daß das erfindungsgemäße Verfahren grundsätzlich keinen Einsatz von Großrechenanlagen oder sehr umfangreichen Datenspeichern erfordert. Nur bei sehr kurz gewählten Belegungsabschnitten sind höhere Rechenleistungen erforderlich.

Wenn das Verfahren für andere Verkehrsmittel angewendet werden soll, sind gegenüber dem oben Gesagten Änderungen notwendig, die aber nicht von prinzipieller Art sind. Bei der Schifffahrt beispielsweise sind anstelle von Weichen Fluß- oder Kanalmündungen vorhanden, an denen Konflikte auftreten können. Auch Überholvorgänge sind auf Wasserstraßen nicht überall möglich und müssen daher vorausgeplant werden, damit es nicht zu Kollisionen mit entgegenkommenden Schiffen kommt. Auch hier ist eine Unterteilung in Belegungselemente und die Berechnung von Sperrzeitentritten sinnvoll und durchführbar.

die Radumdrehung messenden Sensoren und/oder eines Trägheitsnavigationssystems bestimmen
b) und der Datenverarbeitungsanlage über Funk mitteilen.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung und Sicherung eines Verkehrssystems, bei dem Fahrzeuge in einem Netz (NETZ) von Fahrwegen nach einem Fahrplan verkehren (11 in Fig. 2), mit Hilfe einer Datenverarbeitungsanlage, **dadurch gekennzeichnet**,
 - a) daß die Datenverarbeitungsanlage während des laufenden Betriebes des Verkehrssystems einen neuen konfliktfreien Fahrplan berechnet (13)
 - b) und daß die Steuerung und Sicherung des Verkehrssystems nach diesem neuen konfliktfreien Fahrplan erfolgt (14).
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Datenverarbeitungsanlage einen neuen konfliktfreien Fahrplan berechnet (13), sobald der Lauf der Fahrzeuge über ein vorgebbares Maß vom Fahrplan abweicht (12).
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Datenverarbeitungsanlage zur Berechnung des konfliktfreien neuen Fahrplans
 - a) die Fahrwege des Verkehrssystems in Belegungselemente unterteilt (131),
 - b) auf der Grundlage der momentanen Betriebssituation die Sperrzeitentritten (SZT1, SZT2) oder -bänder (SZB1, SZB2) aller Belegungselemente in einem vorgegebenen Dispositionszeitraum bestimmt (132),
 - c) mit Hilfe der Sperrzeitentritten oder -bänder mögliche Konflikte ermittelt, die zu einer Kollision der Fahrzeuge führen könnten (133),
 - d) und für die Fahrzeuge neue konfliktfreie Trassen ermittelt (134).
4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die Datenverarbeitungsanlage die Ermittlung der neuen Trassen unter Berücksichtigung einer vorgebbaren Hierarchie und eventueller Verspätungen vornimmt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Datenverarbeitungsanlage den von der Ermittlung neuer Trassen betroffenen Fahrzeugen Soll-Beschleunigungswerte übermittelt, die den neuen Trassen dieser Fahrzeuge entsprechen.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Fahrzeuge Schienenfahrzeuge sind und bei dem die Datenverarbeitungsanlage unmittelbar, d. h. ohne eine Mitwirkung von Stellwerken, die Bildung und Sicherung der Fahrwege durchführt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schienenfahrzeuge ihre Position und ihre Geschwindigkeit
 - a) mit Hilfe von Balisen und/oder eines satellitengestütztes Navigationssystems und/oder von

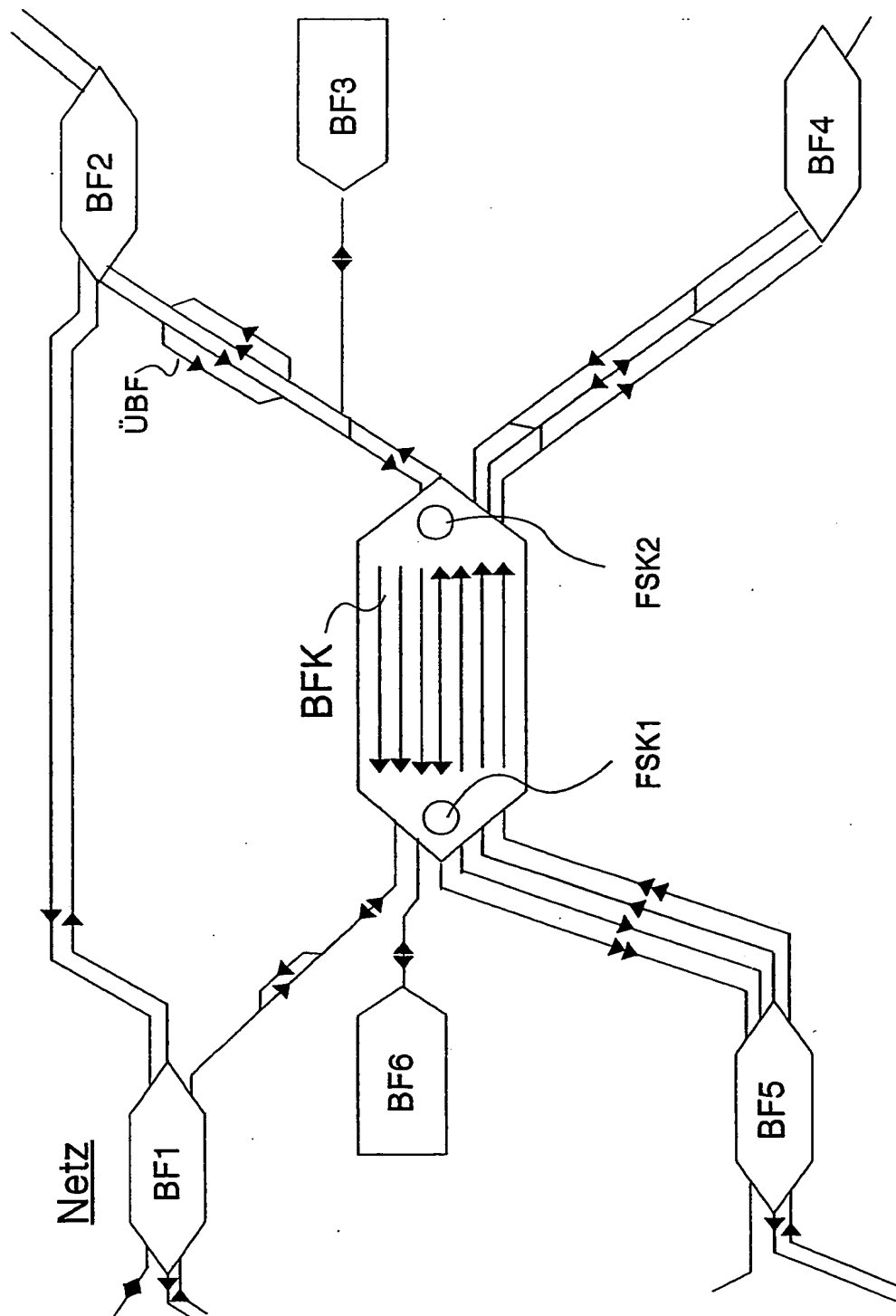


Fig. 1

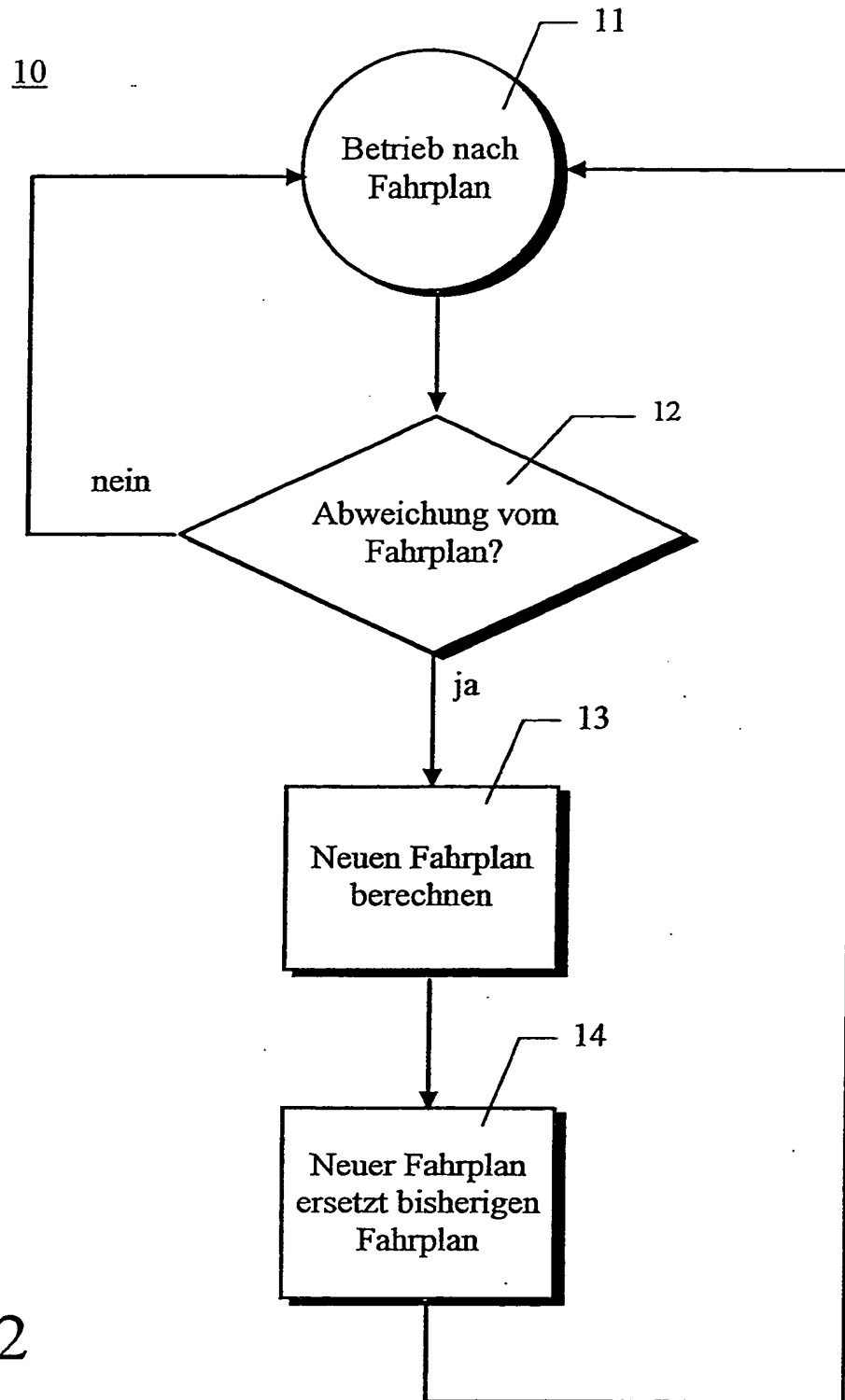


Fig. 2

13

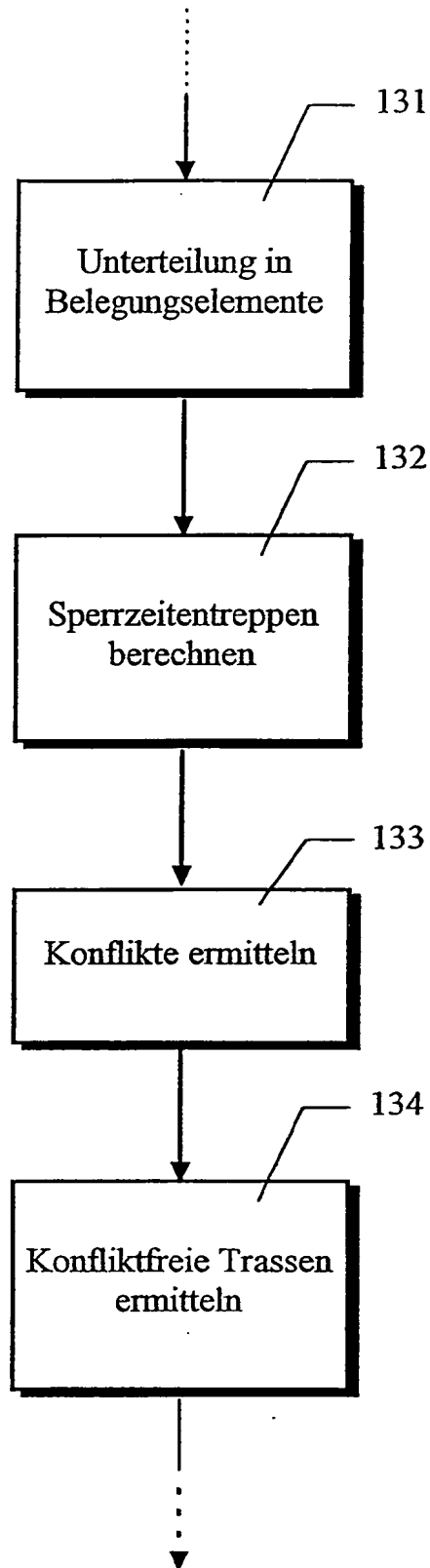


Fig. 3

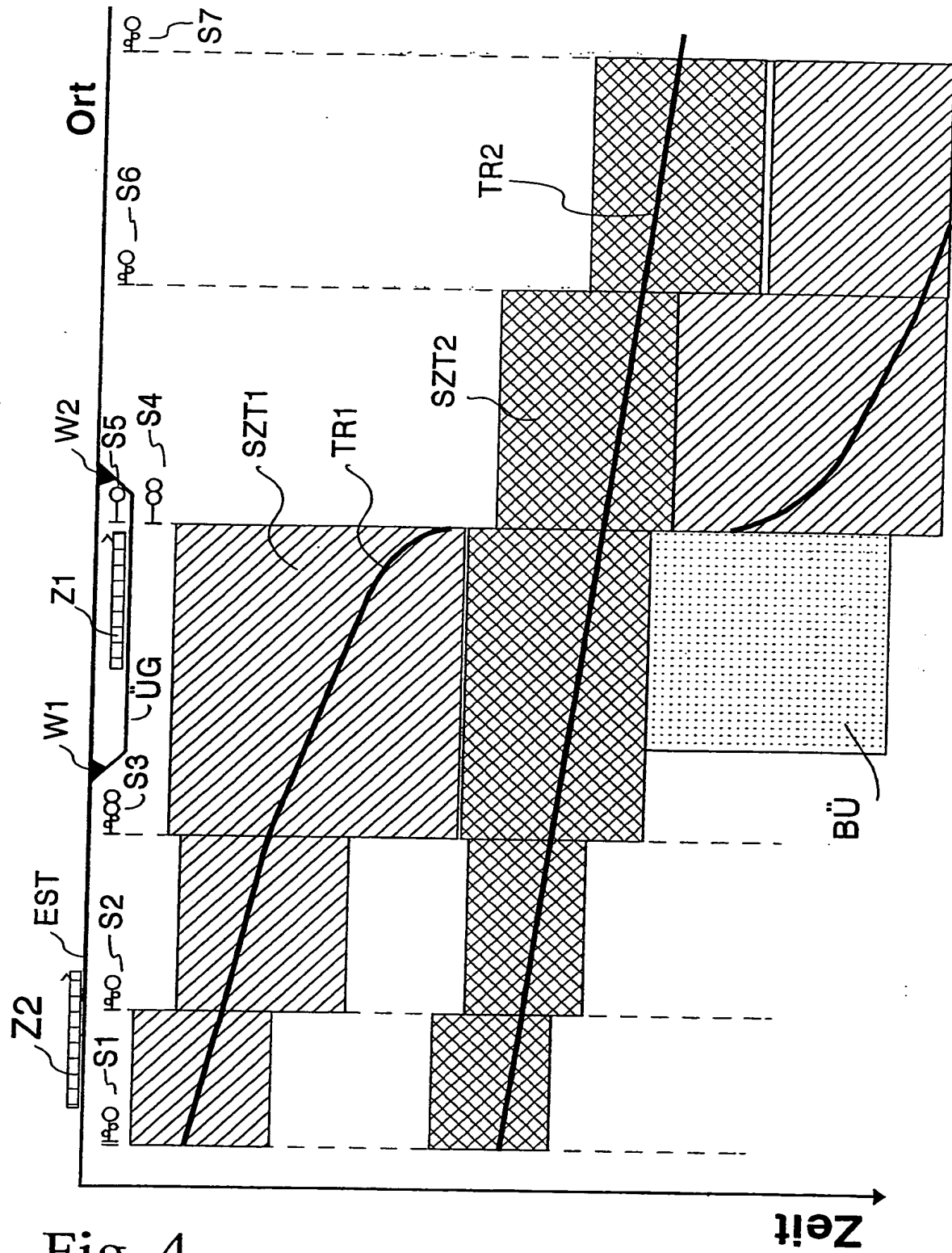


Fig. 4

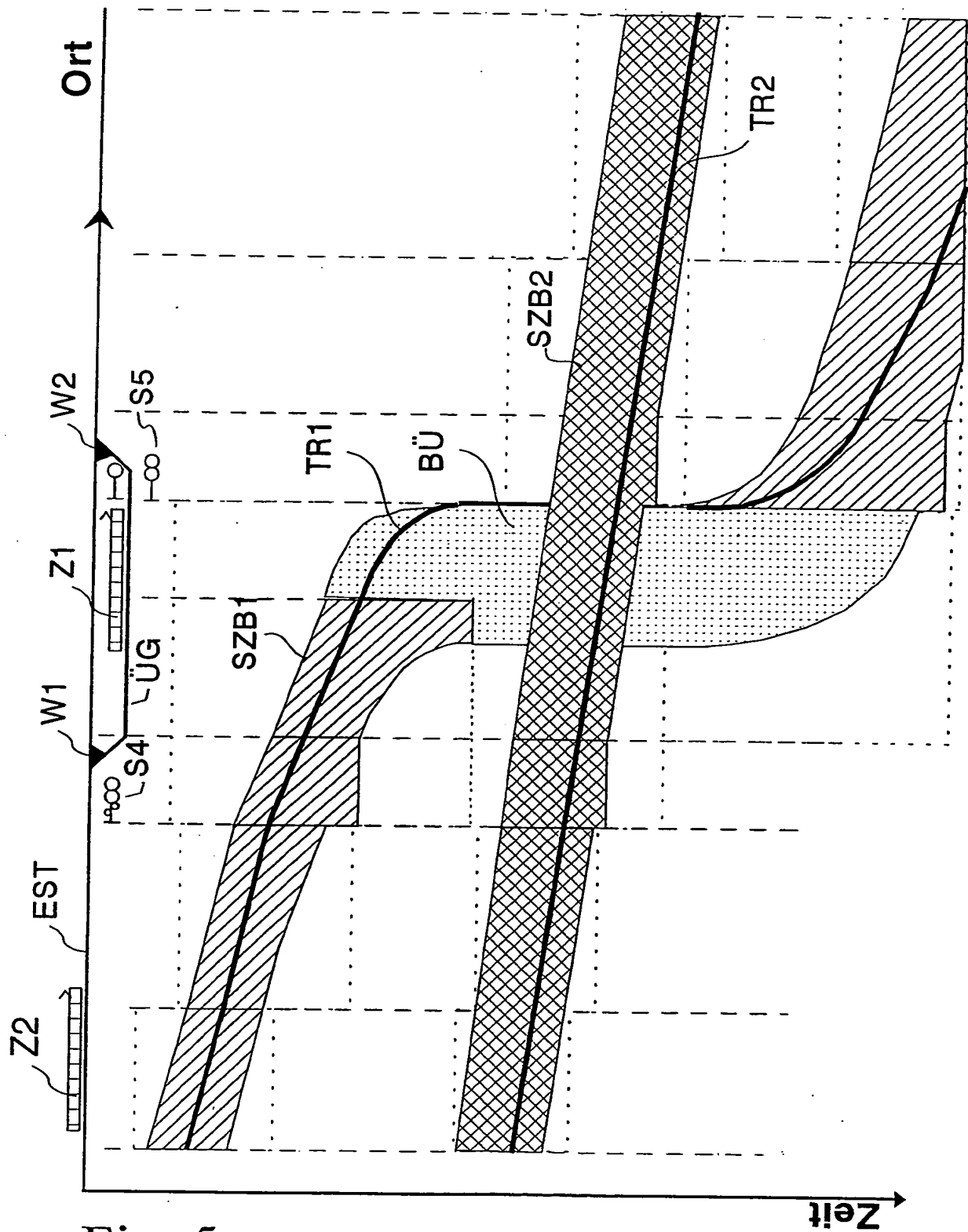


Fig. 5